



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>E21B 43/10, 29/10, 33/127, 36/04, 17/00, F16L 55/162</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 96/21083</b>
		(43) Date de publication internationale: 11 juillet 1996 (11.07.96)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR95/01651

(22) Date de dépôt international: 12 décembre 1995 (12.12.95)

(30) Données relatives à la priorité:  
94/16032 29 décembre 1994 (29.12.94) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): DRILLFLEX [FR/FR]; ZAC des Monts Gaultier, 29, rue Lavoisier, F-35230 Chatillon-sur-Seiche (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): LEIGHTON, James [GB/FR]; 50, boulevard Jacques-Cartier, F-35650 Le Rheu (FR). SALTEL, Jean-Louis [FR/FR]; 12, avenue de la Motte, F-35650 Le Rheu (FR).

(74) Mandataire: LEFAOU, Daniel; Cabinet Regimbeau, Centre d'Affaires Patton, 11, rue Franz-Heller, Boîte postale 19107, F-35019 Rennes Cédex 7 (FR).

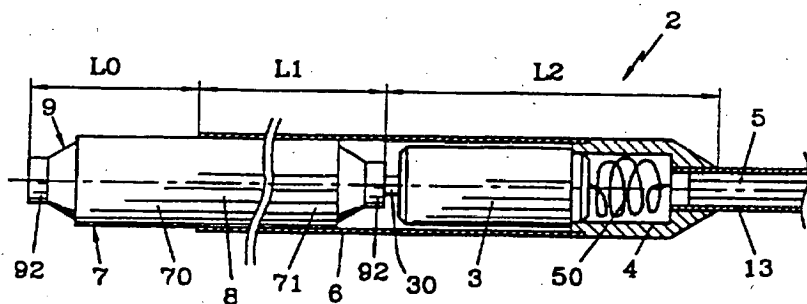
(81) Etats désignés: GB, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CASING A WELL, PARTICULARLY AN OIL WELL BORE OR A PIPE, USING AN IN SITU CURABLE FLEXIBLE TUBULAR PREFORM

(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR TUBER UN PUIT, NOTAMMENT UN PUIT DE FORAGE PETROLIER, OU UNE CANALISATION, AU MOYEN D'UNE PREFORME TUBULAIRE SOUPLE, DURCISSABLE IN SITU



## (57) Abstract

A method and a device for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe, using an *in situ* curable flexible tubular preform, by inserting the preform into the well or pipe in a longitudinally folded state, then deploying the preform by hydraulically inflating it and applying the preform wall against the wall of the well or pipe, and finally curing the preform. The preform (8) is inserted into a longitudinally rigid or semi-rigid but radially flexible releasable sleeve (6), and the preform is positioned in the well or pipe while it is within the sleeve (6), said sleeve being separated from the preform and removed from the well or pipe at the end of the operation. The method and device are useful for casing wells or pipes, even if highly deviated, in the oil industry in particular.

(57) Abrégé

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable *in situ*, avec introduction de la préforme dans le puits ou dans la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis dépliement par gonflage hydraulique de la préforme et application de sa paroi contre celle du puits ou de la canalisation, et enfin durcissement de la préforme. Conformément à l'invention, la préforme (8) est insérée dans un fourreau amovible (6), qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et la mise en place de la préforme dans le puits ou la canalisation se fait alors qu'elle est contenue dans son fourreau (6), ce dernier étant séparé de la préforme et retiré du puits ou de la canalisation en fin d'opération. Tubage des puits et des canalisations, même fortement déviés, notamment dans l'industrie pétrolière.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Autriche	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brsil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR TUBER UN PUIT, NOTAMMENT  
UN PUIT DE FORAGE PETROLIER, OU UNE CANALISATION,  
AU MOYEN D'UNE PREFORME TUBULAIRE SOUPLE,  
DURCISSABLE IN SITU**

La présente invention concerne un procédé pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, telle qu'un gazoduc ou un oléoduc par exemple, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, par exemple thermodurcissable.

5 L'invention concerne également un dispositif permettant de mettre en oeuvre ce procédé.

Dans la présente description, et dans les revendications, on entendra par le terme "tuber" l'action de consolider un puits, ou une canalisation, notamment en vue de la réparer, en en revêtant la paroi d'un tube rigide, encore appelé tubage ou chemisage.

10 Par le terme "préforme" on entendra une structure tubulaire qui est initialement souple et déformable et qui, une fois placée dans la zone du puits à consolider, est mise en forme cylindrique, appliquée contre la paroi du puits ou de la canalisation, puis durcie pour se lier intimement et à demeure à cette paroi, constituant ainsi le tubage ou chemisage.

15 Pour le tubage d'un puits de forage pétrolier, ainsi que pour des applications similaires, il a déjà été proposé des préformes tubulaires souples et durcissables, destinées à être mises en place à l'état replié longitudinalement - état dans lequel elles possèdent un encombrement radial faible - puis à être dépliées radialement, par application d'un gonflage hydraulique interne. Selon cette technique, qui est notamment décrite  
20 dans les documents FR-A-2 662 207 et FR-A-2 668 241, la préforme possède, après dépliement (ou déploiement) radial, une forme strictement cylindrique, de diamètre bien déterminé.

Un autre type de préforme connu, qui fait notamment l'objet de la demande de brevet internationale WO-94/25655, au nom de la demanderesse, possède  
25 une structure tubulaire qui comprend un tressage de mèches souples, composées de fibres, qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte que la structure peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale sous l'effet de l'application d'une surpression à l'intérieur de la préforme.

Ainsi, l'expansion de la préforme peut se faire en deux étapes successives,  
30 d'abord par dépliement, puis par expansion radiale ; on obtient ainsi un degré d'expansion nettement supérieur à ceux obtenus avec les préformes souples mentionnées plus haut, ce qui permet d'introduire la préforme dans le puits à tuber, et l'amener en la zone

souhaitée, en la faisant traverser des ouvertures de faible dimension, par exemple des conduits rigides déjà en place dans le puits, ayant un plus petit diamètre intérieur.

Cette technique connue est très intéressante, dans la mesure où elle permet de boucher des perforations apparaissant dans un puits de production, sans qu'il faille  
5 retirer le tubage déjà en place, et par conséquent sans "tuer le puits".

Il est apparu néanmoins des difficultés pour mettre en oeuvre cette technique lorsque le puits est fortement dévié, c'est-à-dire possède un axe formant un angle élevé par rapport à la verticale, voire est horizontal.

En effet, lorsque le puits est vertical, ou sensiblement vertical, la préforme  
10 est naturellement rectiligne (sous l'effet de la gravité) et elle descend régulièrement dans le puits au cours de sa mise en place. Toutefois, elle risque d'être endommagée par suite des frottements contre les parois du puits ou les différentes restrictions se trouvant sur son passage.

En outre, si le puits est dévié, ou présente des coudes, la préforme se  
15 déforme en raison de sa souplesse, et se positionne incorrectement dans l'axe du puits, ce qui provoque des frottements, voire des risques de blocage au cours de son enfoncement.

La mise en place de la préforme dans un puits fortement dévié ou horizontal est donc délicate, et même impossible dans certaines configurations.

L'invention vise à résoudre ce problème, en proposant un procédé de  
20 tubage d'un puits ou d'une canalisation au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, qui puisse également s'appliquer sans problèmes à des puits ou des canalisations non verticaux ou ayant une surface intérieure risquant d'endommager la préforme.

Comme dans les procédés connus, on introduit la préforme dans le puits  
25 ou la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis - lorsqu'elle y a été correctement positionnée - on la déplie par gonflage hydraulique pour lui donner une forme sensiblement cylindrique, on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation, et on provoque le durcissement de sa paroi.

Le procédé qui fait l'objet de l'invention est remarquable par le fait  
30 qu'avant d'introduire la préforme dans le puits ou la canalisation, on l'insère (provisoirement) dans un fourreau amovible, qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et qu'on met en place dans le puits ou la canalisation la préforme contenue dans son fourreau, ce dernier étant ensuite - en cours d'opération - séparé de la préforme puis - en fin d'opération -, retiré du puits ou de la canalisation.

La préforme se trouve donc prisonnière du fourreau, et soutenue par lui,  
35 durant toute la phase de sa descente dans le puits ou la canalisation. Ainsi cette descente se fait sans difficultés, même si le puits ou la canalisation est fortement dévié, voire

horizontal, ou présente une surface de paroi risquant d'abîmer la préforme. De préférence le fourreau présente une certaine flexibilité, qui autorise des parcours courbes ou coudés.

5 Dans un mode préférentiel du procédé, on insère la préforme partiellement dans le fourreau, de telle sorte que son extrémité libre ressorte de celui-ci sur une certaine longueur.

Dans ce cas, dans un premier temps on déplie radialement uniquement la portion de préforme qui dépasse du fourreau, et on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation pour obtenir une zone d'ancrage, après quoi on extrait le fourreau par traction vers l'arrière (c'est-à-dire vers la sortie du puits).

10 Ce procédé s'applique particulièrement bien à une préforme qui, après dépliement radial, et mise en forme cylindrique, est expansible radialement par gonflage hydraulique.

15 Dans ce cas, la désolidarisation de la préforme par rapport au fourreau s'opère avantageusement par suite du dépliement radial de la portion de la préforme contenue dans le fourreau, après quoi s'opèrent successivement le retrait du fourreau et l'expansion radiale de cette même portion.

20 L'invention concerne également un dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, dont la paroi est thermodurcissable in situ, cette préforme étant radialement déformable sous l'effet d'une pression hydraulique interne entre un état replié longitudinalement et un état déplié sensiblement cylindrique.

25 Ce dispositif est remarquable par le fait qu'il comporte un équipement de pose de la préforme, monté à l'extrémité d'une tige de commande tubulaire destinée à être introduite dans le puits ou la canalisation depuis une tête de puits, cet équipement comprenant :

a) un outillage de pose et de contrôle portant la préforme, apte à fournir à celle-ci le fluide hydraulique sous pression nécessaire à son dépliement, et, le cas échéant, à son expansion radiale, ainsi que l'énergie thermique nécessaire au durcissement de sa paroi ;

30 b) un fourreau amovible solidaire de l'extrémité de la tige, à l'intérieur duquel est enserrée au moins partiellement la préforme, et qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement de sorte qu'il peut être retiré de la préforme lorsque celle-ci se trouve à l'état déplié.

35 Par ailleurs, selon un certain nombre de caractéristiques additionnelles avantageuses, non limitatives de l'invention :

- le fourreau amovible est un tube fendu, apte à s'ouvrir pour libérer la préforme au cours de son dépliement ;

- la préforme est solidaire d'un manchon intérieur arrachable, radialement expansible par gonflage hydraulique, à l'intérieur duquel est introduit le liquide hydraulique fourni par l'outillage de pose et de contrôle et servant à déplier la préforme, ce manchon étant dégonflé et séparé de la préforme, en fin d'opération, puis retiré du puits ou de la canalisation en même temps que l'outillage et le fourreau ;

- la préforme est thermodurcissable et, son chauffage est réalisé par effet Joule, par l'intermédiaire d'un câble électrique déformable, ce dernier étant stocké sous un faible encombrement dans une douille qui est interposée entre l'extrémité de la tige de commande et l'outillage et est solidaire dudit fourreau amovible ;

- ce câble a une longueur sensiblement égale à celle de la préforme mise en place ;

- la préforme est dépliable et radialement extensible ;

- la préforme comprend un tressage de mèches souples s'entrecroisant avec un certain jeu, de telle sorte qu'elle peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, le matériau constitutif de la préforme étant une résine polymérisable à chaud, dans laquelle est noyé ledit tressage ;

- le manchon intérieur arrachable, radialement expansible, comprend également (comme la préforme) un tressage de mèches souples entrecroisées aptes à s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, et qui sont emprisonnées entre des peaux intérieure et extérieure souples, certaines desdites mèches étant remplacées par des fils conducteurs d'électricité, aptes à chauffer la préforme par effet Joule, qui sont connectés électriquement audit câble.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description et des dessins annexés qui en représentent un mode de réalisation préférentiel.

Sur les figures :

- la figure 1 est une vue générale schématique d'une installation de tubage mettant en oeuvre le procédé de l'invention ;

- la figure 2 est une vue générale, partiellement coupée, de l'équipement de pose de la préforme ;

- la figure 3 représente un tressage de mèches souples entrecroisées, constitutives de la structure de la préforme et du manchon qui sert à l'expansion de la préforme ;

- la figure 4 est une coupe transversale schématique du manchon et de la préforme à l'état longitudinalement repliés :

- la figure 4A est une vue analogue à la figure 4, représentant l'ensemble à l'état déplié ;

- la figure 4B est une vue analogue aux figures 4 et 4A, représentant l'ensemble à l'état déplié et radialement expansé ;
- la figure 5 est une vue schématique, en coupe longitudinale, de l'ensemble constitué par la préforme et son manchon intérieur arrachable ;
- la figure 6 est un détail à plus grande échelle de la zone de la paroi de la préforme et du manchon qui est référencée VI à la figure 5 ;
- les figures 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 et 15 sont des vues schématiques similaires à la figure 2, destinées à illustrer les différentes étapes successives de la mise en place d'un tubage dans un puits de forage pétrolier conformément à l'invention, à l'aide de l'installation de la figure 1 ;
- les figures 11 et 11A sont des coupes transversales correspondant respectivement au plan de coupe XI de la figure 7 et XIA de la figure 10, ces vues étant destinées à illustrer la façon dont la préforme se désolidarise de son fourreau lorsqu'elle passe de l'état replié à l'état cylindrique.

A la figure 1, on a désigné par la référence P la paroi d'un puits de forage pétrolier, dont une zone C doit être tubée ; la paroi C est par exemple une canalisation perforée. Pour y accéder il faut passer dans une restriction R.

L'installation de tubage, généralement désignée par la référence 1, comprend, de manière connue, une tête de puits 12, une tige de commande flexible et tubulaire 13 comportant un câble électrique intérieur, un manchon de guidage 11 de cette tige - couramment appelé "sas" - et un dispositif 10 servant à pousser la tige 13 dans le sas 11 et dans le puits P.

L'extrémité libre de la tige de commande 13 est pourvue d'un équipement de pose de la préforme, référencé 2. Cet équipement est constitué essentiellement d'une douille cylindrique 4 fixée à l'extrémité libre de la tige 13, d'un fourreau rigidificateur 6, coaxial à la douille 4 et solidaire de cette dernière, d'un outillage de pose et de contrôle 3 logé dans le fourreau, et accolé à la douille 4, et d'une préforme souple 8 destinée à être mise en place dans le puits pour le consolider.

La préforme 8 est portée par un manchon expanseur intérieur arrachable 9, qu'elle entoure, comme cela est déjà connu par le WO-94/25655 déjà cité et, comme cela sera décrit plus loin en référence notamment aux figures 5 et 6. L'ensemble préforme 8 / manchon intérieur 9, initialement cohérent, est référencé 7.

L'ensemble 7 est enserré dans le fourreau 6, et retenu par friction à l'intérieur de celui-ci. Cette friction maintient également l'outillage 3 appliqué, par sa face arrière, contre la douille 4.

Cet ensemble 7 est obturé à ses extrémités par des bouchons 92. Le bouchon 92 tourné vers l'arrière, c'est-à-dire vers la sortie du puits, est traversé par un

conduit 30 qui le relie à l'outillage 3. Ce dernier comprend des moyens aptes à refouler à l'intérieur du manchon, via le conduit 30, un fluide sous-pression fourni au dispositif depuis la surface, c'est-à-dire depuis la tête de puits 12 au moyen de la tige de commande tubulaire 13, ou par pompage du liquide du puits grâce à un dispositif de pompage  
5 contenu dans l'outillage 3.

Par ailleurs, l'installation comprend un câble électrique 5, qui passe dans la tige tubulaire 13, et est connectée électriquement à l'outillage 3, par l'intermédiaire d'un câble souple 50. Ce dernier est enroulé ou replié sur lui-même, pour présenter un faible encombrement, et il est logé dans une cavité formant réceptacle prévue dans la douille 4.

10 Les câbles 5 et 50 servent à alimenter en électricité, via l'outillage 3, l'ensemble préforme - manchon expandeur intérieur, afin d'y générer par effet Joule la chaleur nécessaire au durcissement de la paroi de la préforme, comme cela sera expliqué plus loin, ainsi qu'à fournir l'énergie de pompage de l'outillage 3 et d'alimenter tous les systèmes de contrôle nécessaires équipant cet outillage.

15 Bien entendu, le courant électrique est fourni depuis la surface, à partir d'un générateur situé à l'extérieur du puits, relié au câble 5 après sa sortie du dispositif 10.

Comme on le voit sur la figure 2, l'ensemble 7 constitué par le manchon 9 et la préforme 8 n'est pas complètement inséré à l'intérieur du fourreau 6.

20 On a désigné par la référence 71 la portion de cet ensemble qui se trouve à l'intérieur du fourreau, et par la référence 70 la portion dépassante, extérieure au fourreau.

La partie extérieure a une longueur  $L_0$  sensiblement plus petite que la longueur  $L_1$  de la partie intérieure 71. A cet égard, il convient de remarquer que cette  
25 partie 71 a été raccourcie artificiellement sur le dessin (figure 2), pour ne pas en affecter la lisibilité.

A titre indicatif, la longueur  $L_0$  est de l'ordre de 1m, la longueur  $L_1$  de l'ordre de 10 à 30m, et la longueur  $L_2$ , qui correspond au reste de l'équipement (douille 4 et outillage 3), de l'ordre de 4m.

30 Comme on le voit sur la figure 11, le fourreau 6 est une enveloppe tubulaire cylindrique fendue, c'est-à-dire incomplètement fermée. Cette enveloppe, réalisée par exemple en métal ou en matière plastique, possède une certaine rigidité longitudinale, mais est facilement déformable radialement dans le sens de son ouverture, comme on le comprend aisément à la simple comparaison des figures 11 et 11A.

35 Dans une variante, on pourrait relier les bords en regard de la fente de l'enveloppe par des attaches pouvant se rompre facilement au-delà d'un certain seuil de pression interne.



De préférence, l'enveloppe est relativement flexible ce qui lui permet, tout en rigidifiant convenablement l'ensemble 7 en direction axiale, de suivre des trajectoires non rectilignes (coudes et courbes), par déformation latérale.

Dans l'exemple illustré aux figures 3 à 6, la préforme 8 et le manchon intérieur 9 possèdent tous deux une structure similaire, composée d'un tressage de fibres souples entrecroisées tel que celui décrit dans le document WO-94/25655 précité.

Au besoin on pourra se reporter à cette publication, dont on considérera qu'elle fait partie de la présente description pour l'interprétation de l'Article L.612-5, 1er alinéa, du Code de la Propriété Intellectuelle.

On rappellera, en référence à la figure 3, que les mèches souples sont réparties en deux séries 700a et 700b entrelacées, formant une structure tubulaire déformable.

La structure peut être repliée longitudinalement, puis - sous l'effet d'une pression interne - être "mise au rond", c'est-à-dire conformée en cylindre par dépliement.

Si elle est ensuite soumise à une pression interne plus élevée, on observe un déplacement relatif des deux séries de mèches, ce qui entraîne simultanément une expansion radiale et un raccourcissement longitudinal de la structure.

Les mèches souples sont formées de fibres ayant une bonne résistance mécanique à la traction, par exemple de fibres de carbone ou de verre, et jouent le rôle d'armature déformable pour la préforme et/ou pour le manchon extenseur de la préforme.

Les figures 4, 4A et 4B représentent respectivement l'ensemble 7 à l'état replié longitudinalement, pour présenter une dimension transversale faible, ce même ensemble - référencé 7' - mis au rond, de diamètre  $D_1$ , et enfin ce même ensemble - référencé 7'' - à l'état radialement expansé, de diamètre  $D_2$  sensiblement supérieur à  $D_1$ .

Le diamètre et l'expansibilité radiale de la préforme sont choisis pour que  $D_2$  corresponde au diamètre de la zone à tuber.

Comme le montrent les figures 5 et 6, la préforme tubulaire souple 8 possède une paroi 82, en matière initialement fluide, dans laquelle sont noyées des structures tubulaires concentriques tressées 700. La matière fluide est une résine synthétique, thermodurcissable par polymérisation à chaud. La préforme est pourvue d'une peau extérieure 80 présentant une face externe munie de dépressions 801 et de reliefs 802 qui favorisent son ancrage contre la paroi du puits et améliorent l'étanchéité.

Le manchon intérieur arrachable 9, qui est appelé "matrice" dans le WO-94/25655 déjà cité, possède une peau intérieure 91 et une peau extérieure 90, toutes deux en matériau souple et élastique, entre lesquels se trouvent la structure déformable tressée 700. L'interface entre la peau externe du manchon et la paroi intérieure 91 de la préforme

8 est traité, par exemple par enduction de silicone, pour qu'il y ait peu d'adhérence entre ces deux parties.

La préforme 8 entoure intimement le manchon intérieur 9 qui, comme déjà dit, est obturé à ses deux extrémités, de manière étanche, par des bouchons 92. Le manchon 9 est fixé à la préforme 8 au moyen de manchettes d'extrémité 93, qui possèdent des zones affaiblies 94, susceptibles de se rompre facilement. L'introduction d'un fluide hydraulique à l'intérieur du manchon, en vue de son gonflage et - corrélativement du gonflage de la préforme - se fait, comme déjà dit, par une tubulure 30 qui débouche dans le manchon et une ou plusieurs ouvertures 300 de passage du fluide.

L'outillage 3 comporte une ou plusieurs vannes appropriées, pouvant être commandées depuis la surface, permettant d'effectuer le gonflage et le dégonflage du manchon, en contrôlant la pression durant l'opération, ou un dispositif de pompage réalisant la même fonction au moyen du liquide du puits.

Certaines des mèches 700 du manchon sont remplacées par des conducteurs électriques (fils chauffants) reliés électriquement au câble 50. Ainsi, le chauffage du manchon intérieur et, corrélativement, de la préforme peut être commandé aussi depuis la surface, par alimentation électrique des câbles 5 et 50.

Nous allons maintenant décrire une opération de mise en place de la préforme 8 dans une zone C du puits.

L'ensemble 7 formé par la préforme et le manchon se trouve à l'état replié longitudinalement, tel que celui représenté aux figures 4 et 11. Dans cet état, il s'inscrit dans un cylindre de diamètre  $D_0$  correspondant sensiblement au diamètre intérieur de l'enveloppe fendue 6 (voir figure 11).

Ce diamètre  $D_0$  est plus petit que le diamètre des différents conduits ou autres restrictions R situés dans le puits, en arrière de la zone à tuber.

Comme déjà dit, seule une partie de longueur réduite, en l'occurrence la partie 70, de l'ensemble 7 dépasse du fourreau 6. Par conséquent, la préforme est soutenue sur la plus grande partie de sa longueur et possède (avec son fourreau) une rigidité suffisante pour autoriser sa progression régulière à l'intérieur du puits, même si celui-ci est totalement ou en partie dévié.

La tête de pose 2, et la préforme, vont donc être poussées par la tige de commande 13 dans le puits, et s'y enfoncer progressivement, comme cela est symbolisé par la flèche F aux figures 7 et 8. La tige creuse 13, de préférence en acier, possède une bonne rigidité axiale, qui lui permet de pousser sans problème la tête 2 dans le puits. Néanmoins elle est suffisamment flexible pour suivre les coudes ou autres courbures du puits.

La paroi du puits ou de la canalisation C présente en une certaine zone des perforations, ou autres ouvertures O, qu'on se propose de recouvrir par le tubage, c'est-à-dire par la préforme polymérisée.

On cesse d'enfoncer la tête 2 dans le puits, lorsque la partie dépassante 70 arrive juste au-delà des ouvertures O, position qui correspond à celle illustrée à la figure 8.

Des moyens de contrôle appropriés, connus en soi, sont prévus, qui permettent de réaliser ce bon positionnement.

Par gonflage hydraulique interne, la partie dépassante 70, et cette partie seulement, est tout d'abord mise au rond, puis dilatée radialement, pour prendre le diamètre  $D_2$ , qui correspond au diamètre intérieur du puits.

Différents moyens peuvent être prévus pour que le dépliement et l'expansion radiale se fassent prioritairement sur la portion 70.

Ainsi, par exemple, il est possible d'entourer la partie 71 par des liens annulaires dont la résistance mécanique est suffisante pour empêcher le dépliement de cette portion sous l'action d'une pression interne modérée, mais toutefois suffisante pour provoquer la déformation de la portion libre 70.

On obtient ainsi un ancrage de la portion 70 contre la paroi du puits, en avant des perforations O (voir figure 9).

L'augmentation de la pression de gonflage provoque la rupture des liens annulaires assurant la contention de la portion 71. Ainsi, on obtient un dépliement radial et une mise au rond de la portion de préforme 71, laquelle prend un diamètre  $D_1$  (voir figure 10).

Par suite de ce dépliement, le fourreau fendu 6 s'ouvre et prend une configuration en forme générale de U, référencée 6' à la figure 11A.

Il reste solidaire, par son extrémité arrière, de la douille 4.

Dans cette configuration, le fourreau est facilement extractible, et peut glisser sur la préforme mise au rond, par traction vers l'arrière. Cette traction, symbolisée par la flèche G à la figure 12 s'accompagne d'une mise sous traction de la partie de câble 50.

La mise sous tension complète du câble 50 correspond au retrait complet du fourreau, la longueur du câble étant choisie pour correspondre à la longueur du tubage. Le retrait se fait facilement, car la préforme est ancrée dans le puits.

Une fois que le fourreau déformé 6' a été complètement retiré de la préforme, on augmente la pression de gonflage, pour provoquer l'expansion radiale complète de l'ensemble 7, qui prend le diamètre  $D_2$  (figure 13), tout en se raccourcissant axialement.

Toute la préforme vient alors s'appliquer intimement contre la paroi du puits C, en recouvrant les perforations O.

De manière connue, tout en maintenant le manchon sous gonflage hydraulique, on provoque alors la polymérisation par effet Joule de la résine constituant la préforme, par alimentation électrique des fils chauffants prévus dans le manchon.

A l'issue de la polymérisation, on dégonfle le manchon 9, qui se sépare de la préforme durcie - devenue tubage 8' - par rupture des manchettes 93 (figure 14).

On effectue ensuite une nouvelle traction G' sur la tige 13, laquelle est toujours solidaire de la douille 4 et du fourreau ouvert 6' ainsi que, par l'intermédiaire du câble tendu 50, sur l'outillage 3 et le manchon dégonflé 9 (voir figure 15).

L'ensemble peut être ainsi retiré du puits.

Différentes formes de fourreaux rigidificateurs amovibles pourraient être prévues ; ce fourreau doit être d'une bonne rigidité longitudinale tout en possédant la souplesse nécessaire à son passage dans un sas non rectiligne. Il doit s'ouvrir facilement pour libérer la préforme et son épaisseur doit être faible pour limiter son encombrement radial.

Par ailleurs il doit pouvoir se refermer lors de son passage à travers les restrictions R en vue de son enlèvement, grâce à une forme appropriée, par exemple légèrement conique.

Le diamètre et l'aptitude à la dilatation radiale de la préforme et, corrélativement, du fourreau seront choisis en fonction des conditions réellement rencontrées, et en particulier du diamètre de la zone de puits à tuber. A titre indicatif, et non limitatif, la dimension diamétrale  $D_0$  de la préforme à l'état replié pourra être de l'ordre de 60 à 100mm, son diamètre  $D_1$  "mis au rond" sera de l'ordre de 90 à 150mm, et son diamètre  $D_2$  à l'état expansé sera de l'ordre de 170 à 220mm.

La technique qui fait l'objet de la présente invention s'applique avantageusement à une préforme souple à la fois dépliable et radialement expansible ; on ne sortirait toutefois pas du cadre de l'invention en l'appliquant à des préformes simplement dépliables, mais non extensibles telles que celles décrites par exemple dans les documents FR-A-2 662 207 et FR-A-2 668 241 déjà cités.

La polymérisation de la préforme n'est pas obligatoirement faite par effet Joule. Elle pourrait être obtenue par d'autres moyens de chauffage, en particulier par introduction d'un liquide chaud dans la préforme, ce liquide pouvant du reste être le même que celui qui sert à la gonfler.

La portion d'extrémité libre de la préforme, destinée à réaliser son ancrage initial, pourrait avoir une déformabilité plus grande que le reste de sa paroi, par exemple par adoption d'une épaisseur de paroi plus faible ou du choix d'une matière différente. Ceci permettrait de s'affranchir des liens de contention dont il a été fait état plus haut.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, selon lequel on introduit la préforme dans le puits ou la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis - lorsqu'elle y a été correctement positionnée - on la déplie par gonflage hydraulique pour lui donner une forme sensiblement cylindrique, on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation et on provoque le durcissement de sa paroi, caractérisé par le fait qu'avant d'introduire la préforme (8) dans le puits ou la canalisation, on l'insère dans un fourreau amovible (6), qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et qu'on met en place dans le puits ou la canalisation la préforme (8) contenue dans son fourreau (6), ce dernier étant ensuite séparé de la préforme (8) et retiré du puits ou de la canalisation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la préforme (8) est insérée partiellement dans le fourreau (6) de telle sorte que son extrémité libre ressorte de celui-ci sur une certaine longueur ( $L_0$ ).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que dans un premier temps on déplie radialement uniquement la portion de préforme qui dépasse du fourreau (6), et on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation, pour obtenir une zone d'ancrage, après quoi on extrait le fourreau (6) par traction (G) vers l'arrière.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on utilise une préforme (8) qui, après dépliement radial, et mise en forme cylindrique, est expansible radialement par gonflage hydraulique.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la désolidarisation de la préforme (8) par rapport au fourreau (6) s'opère par suite du dépliement radial de la portion de la préforme contenue dans le fourreau (6), après quoi s'opèrent successivement l'arrachement du fourreau (6) et l'expansion radiale de ladite portion de préforme.

6. Dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation au moyen d'une préforme tubulaire souple, dont la paroi est therm durcissable in situ, cette préforme étant radialement déformable sous l'effet d'une pression hydraulique interne entre un état replié longitudinalement et un état déplié sensiblement cylindrique, caractérisé par le fait qu'il comporte un équipement (2) de pose de la préforme (8), monté à l'extrémité d'une tige de commande tubulaire (13) destinée à être introduite dans le puits (P) ou dans la canalisation depuis une tête de puits (12), cet équipement comprenant :

a) un outillage de pose et de contrôle (3) portant la préforme (8), apte à fournir à celle-ci le fluide hydraulique sous pression nécessaire à son dépliement, et l'énergie thermique nécessaire au durcissement de sa paroi ;

5 b) un fourreau amovible (6) solidaire de l'extrémité de la tige (13), à l'intérieur duquel est enserrée au moins partiellement la préforme (8), et qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement de sorte qu'il peut être retiré de la préforme (8) lorsque celle-ci se trouve à l'état déplié.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que ledit fourreau amovible (6) est un tube fendu, apte à s'ouvrir pour libérer la préforme (8) au  
10 cours de son dépliement.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé par le fait que la préforme (8) est solidaire d'un manchon intérieur arrachable, radialement expansible, (9), à l'intérieur duquel est introduit le liquide hydraulique fourni par l'outillage de tubage (3) et servant à déplier la préforme (8), ce manchon (9) étant  
15 dégonflé et séparé de la préforme (8) en fin d'opération, puis retiré du puits ou de la canalisation en même temps que l'outillage (3) et le fourreau (6).

9. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que la préforme (8) est thermodurcissable, son chauffage étant réalisé par effet Joule par l'intermédiaire d'un câble électrique déformable (50), ce dernier étant stocké sous un  
20 faible encombrement dans une douille (4) qui est interposée entre l'extrémité de la tige de commande (13) et l'outillage (3) et est solidaire dudit fourreau amovible (6).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que ledit câble (50) a une longueur sensiblement égale à celle de la préforme (8') mise en place.

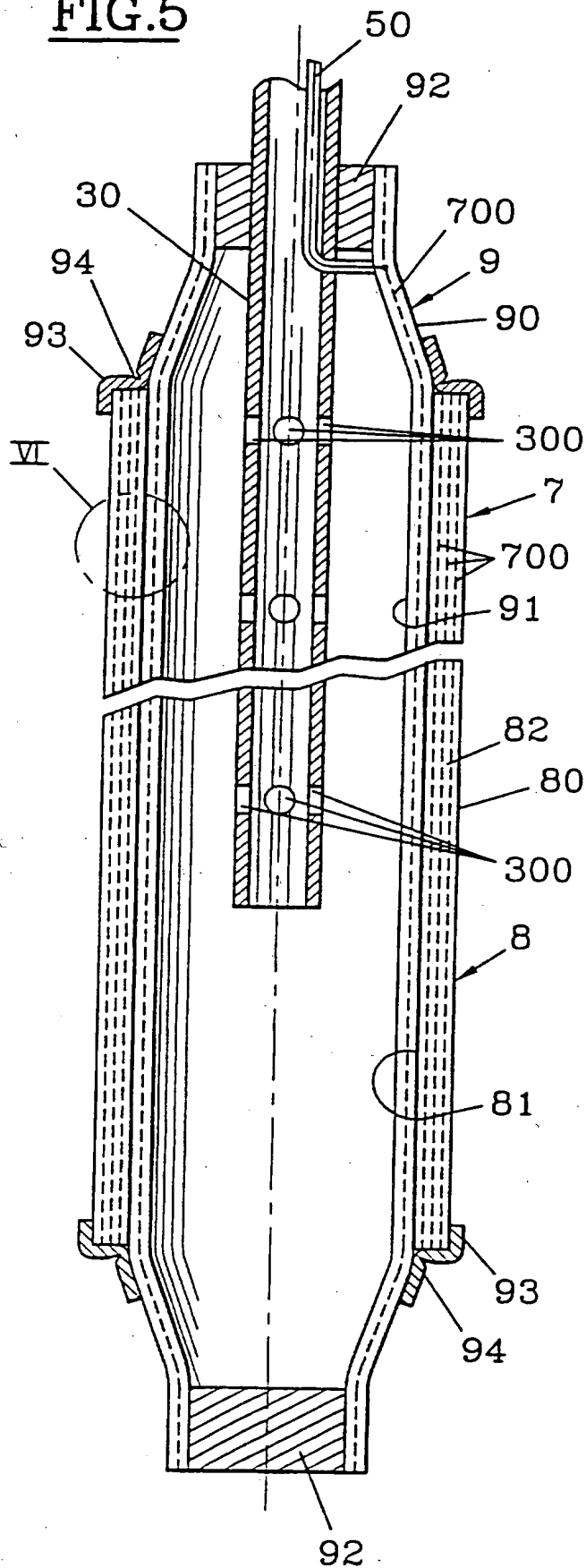
11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que la  
25 préforme (8) est dépliable et radialement extensible.

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que la préforme (8) comprend un tressage de mèches souples (700) s'entrecroisant avec un certain jeu, de telle sorte qu'elle peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, le matériau constitutif de la préforme étant une résine (82) polymérisable  
30 à chaud, dans laquelle est noyé ledit tressage (700).

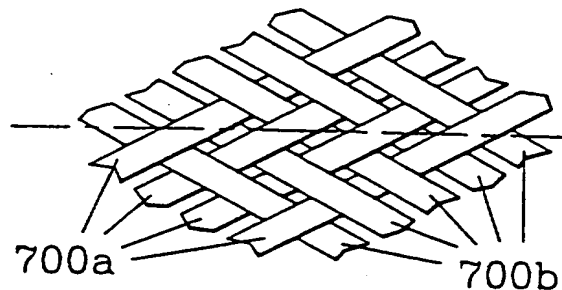
13. Dispositif selon les revendications 8 à 12 prises en combinaison, caractérisé par le fait que ledit manchon (9) comprend également un tressage de mèches souples entrecroisées (700) aptes à s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, et qui sont emprisonnées entre des peaux intérieure (90) et extérieure  
35 (91) souples, certaines desdites mèches étant remplacées par des fils conducteurs d'électricité aptes à chauffer la préforme par effet Joule, qui sont connectés électriquement audit câble (50).



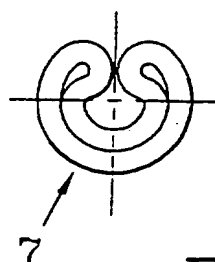
**FIG.5**



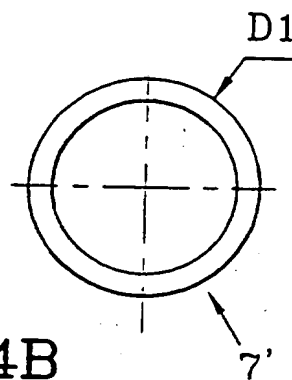
**FIG.3**



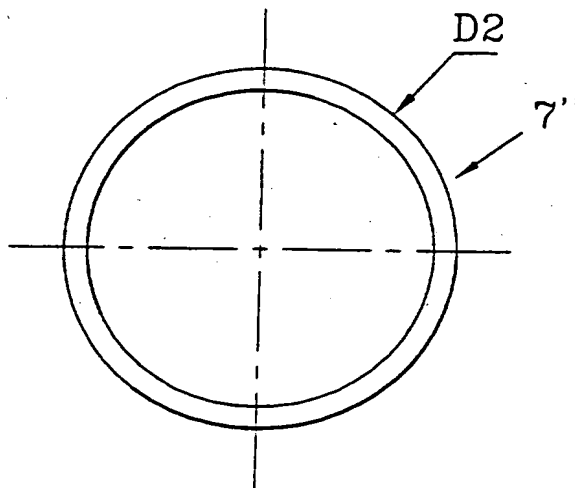
**FIG.4**



**FIG.4A**



**FIG.4B**



**FIG.6**

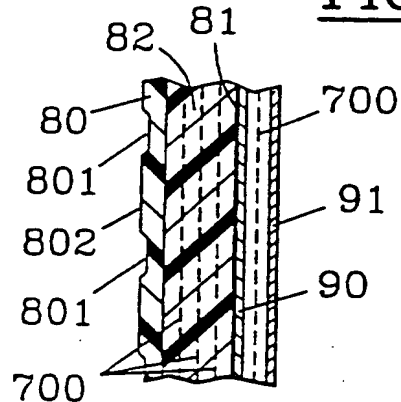




FIG.7

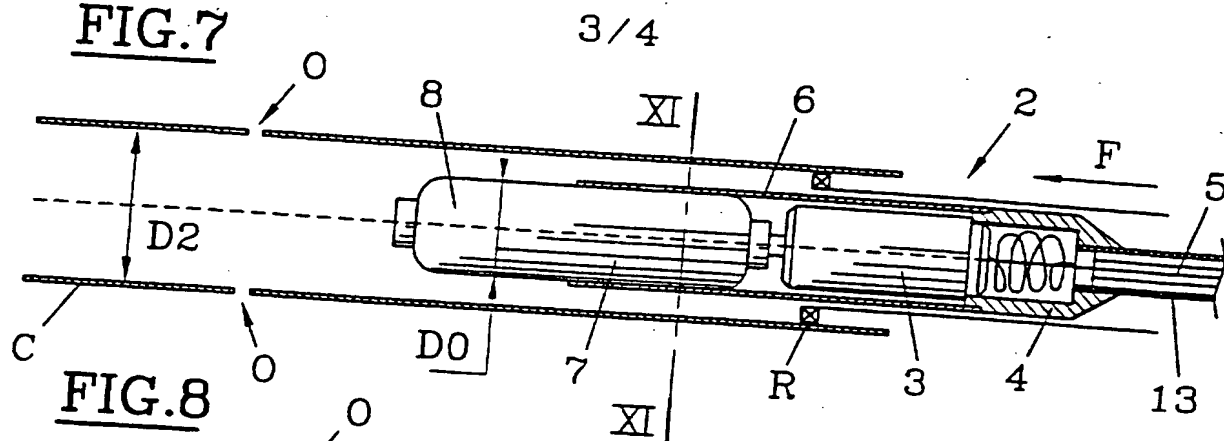


FIG.8

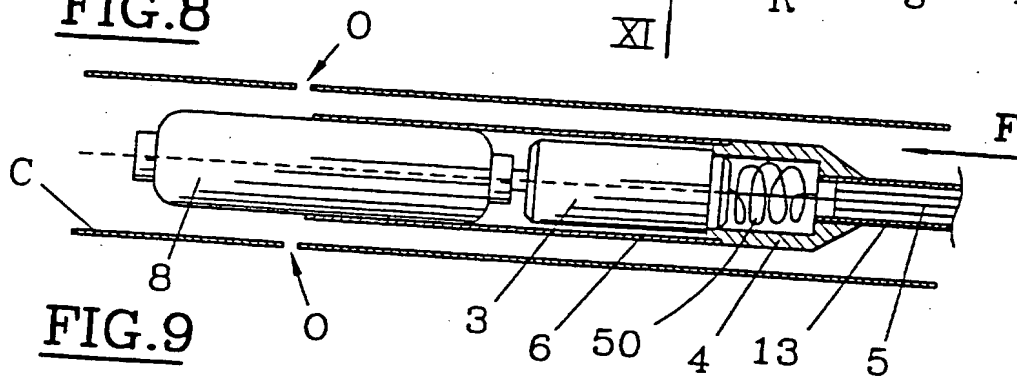


FIG.9

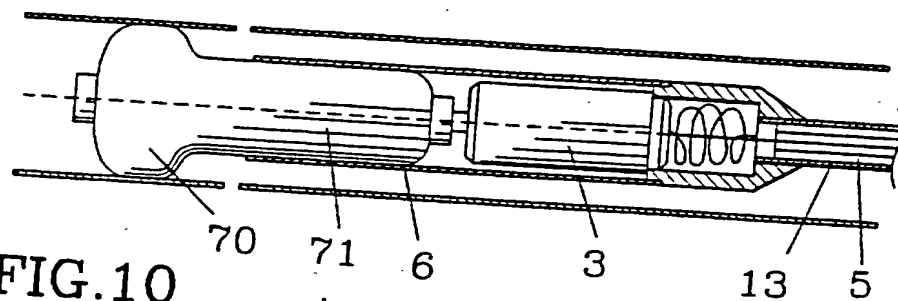


FIG.10

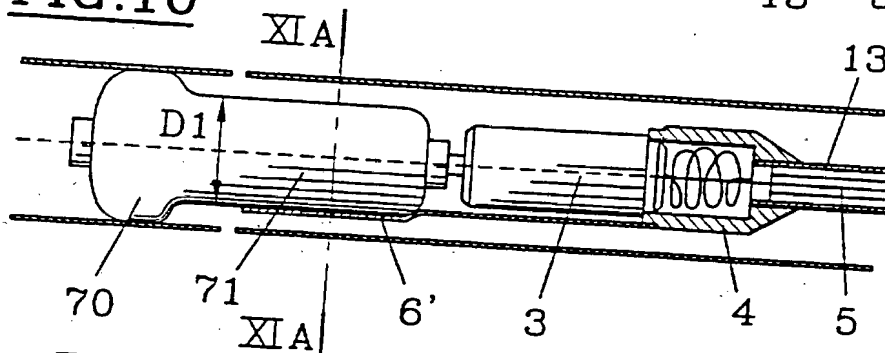


FIG.11

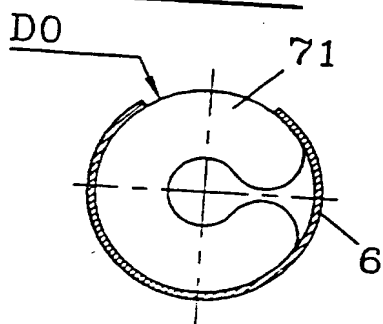
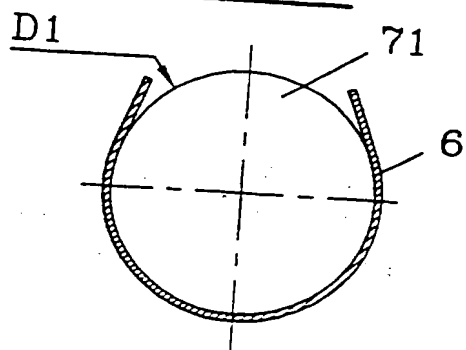
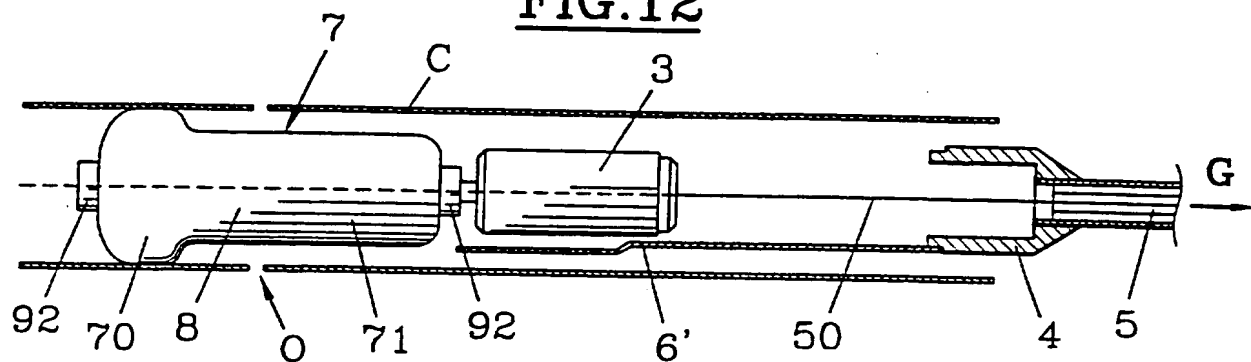
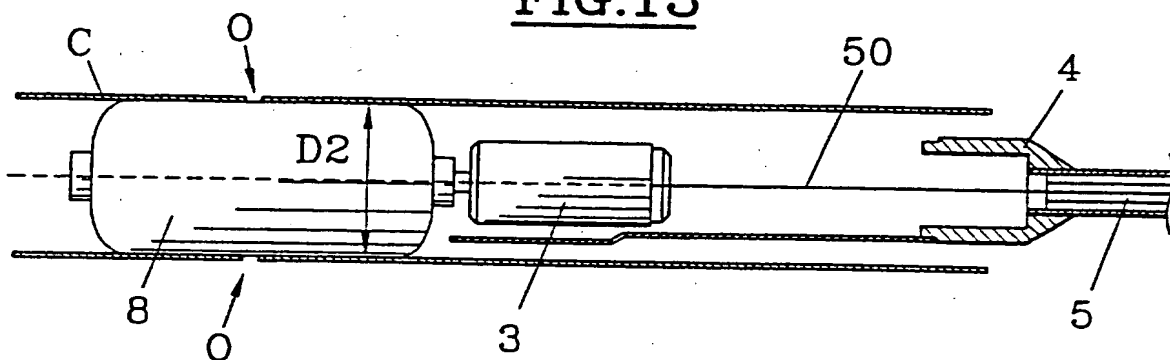
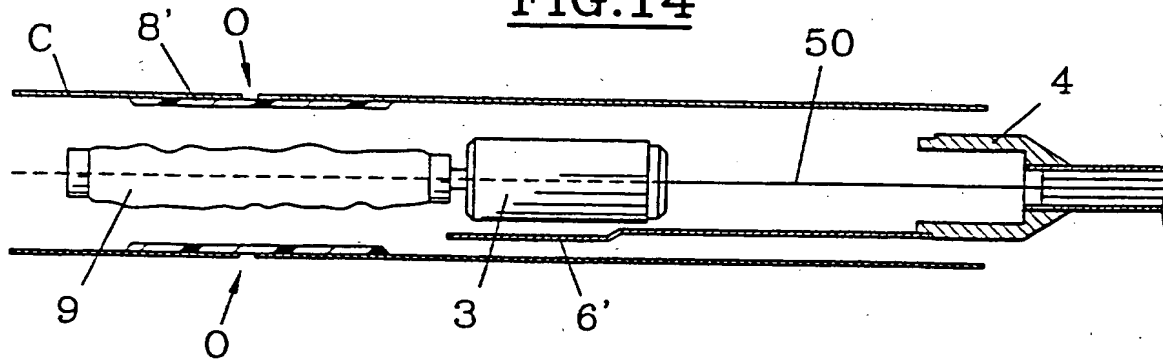
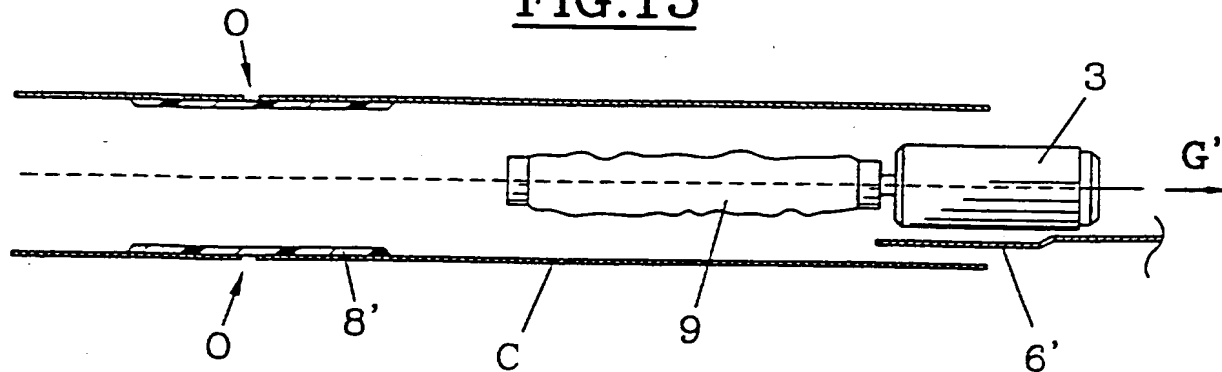


FIG.11A



4/4

FIG.12FIG.13FIG.14FIG.15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 95/01651A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 E21B43/10 E21B29/10 E21B33/127 E21B36/04 E21B17/00  
F16L55/162

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 E21B F16L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO,A,94 25655 (DRILLFLEX) 10 November 1994 cited in the application see page 10, line 18 - page 11, line 6; figures 10-10D see page 11, line 7 - line 8	1,6
A	FR,A,2 662 207 (NOBILEAU) 22 November 1991 cited in the application see abstract	1,6
A	FR,A,2 668 241 (NOBILEAU) 24 April 1992 cited in the application see abstract	1,6
A	US,A,4 191 493 (HANSSON) 4 March 1980 see column 3, line 21 - line 25	1,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \* "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \* "E" earlier document but published on or after the international filing date
- \* "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \* "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \* "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \* "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \* "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \* "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \* "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 April 1996

Date of mailing of the international search report

24.04.1996

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Sogno, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 95/01651

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO-A-9425655	10-11-94	FR-A-	2704898	10-11-94
		AU-B-	6660194	21-11-94
		CA-A-	2162035	10-11-94
		EP-A-	0698136	28-02-96
		NO-A-	954299	07-12-95
-----				
FR-A-2662207	22-11-91	AU-B-	7962691	10-12-91
		CA-C-	2083156	19-03-96
		EP-A-	0527932	24-02-93
		WO-A-	9118180	28-11-91
		US-A-	5337823	16-08-94
-----				
FR-A-2668241	24-04-92	AU-B-	7962691	10-12-91
		CA-C-	2083156	19-03-96
		EP-A-	0527932	24-02-93
		WO-A-	9118180	28-11-91
		US-A-	5337823	16-08-94
-----				
US-A-4191493	04-03-80	NONE		
-----				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No  
PCT/FR 95/01651

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 E21B43/10 E21B29/10  
F16L55/162

E21B33/127 E21B36/04 E21B17/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 E21B F16L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO,A,94 25655 (DRILLFLEX) 10 Novembre 1994 cité dans la demande voir page 10, ligne 18 - page 11, ligne 6; figures 10-100 voir page 11, ligne 7 - ligne 8	1,6
A	FR,A,2 662 207 (NOBILEAU) 22 Novembre 1991 cité dans la demande voir abrégé	1,6
A	FR,A,2 668 241 (NOBILEAU) 24 Avril 1992 cité dans la demande voir abrégé	1,6
A	US,A,4 191 493 (HANSSON) 4 Mars 1980 voir colonne 3, ligne 21 - ligne 25	1,6

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 Avril 1996

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24.04.96

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Sogno, M

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande nationale No

PCT/FR 95/01651

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
WO-A-9425655	10-11-94	FR-A-	2704898	10-11-94
		AU-B-	6660194	21-11-94
		CA-A-	2162035	10-11-94
		EP-A-	0698136	28-02-96
		NO-A-	954299	07-12-95
-----				
FR-A-2662207	22-11-91	AU-B-	7962691	10-12-91
		CA-C-	2083156	19-03-96
		EP-A-	0527932	24-02-93
		WO-A-	9118180	28-11-91
		US-A-	5337823	16-08-94
-----				
FR-A-2668241	24-04-92	AU-B-	7962691	10-12-91
		CA-C-	2083156	19-03-96
		EP-A-	0527932	24-02-93
		WO-A-	9118180	28-11-91
		US-A-	5337823	16-08-94
-----				
US-A-4191493	04-03-80	AUCUN		
-----				